

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU  
ODRŽIVI RAZVOJ, EKOINŽENJERSTVO

KRISTINA GUDLIN

**POVRŠINSKI AKTIVNE TVARI**

ZAVRŠNI RAD

ČAKOVEC, 2016.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU  
ODRŽIVI RAZVOJ, EKONJENJERSTVO

KRISTINA GUDLIN

**POVRŠINSKI AKTIVNE TVARI**  
**SURFACTANTS**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

dr.vet.mr.sc. Nada Glumac

ČAKOVEC, 2016.

## *Zahvala*

*Zahvaljujem se mentorima dr.vet.mr.sc. Nadi Glumac te doc.dr.sc. Nikoli Sakaču na uloženom vremenu, pomoći te stručnim savjetima pri izradi ovog rada.*

*Također se zahvaljujem svojoj obitelji na podršci i razumijevanju tijekom obrazovanja.*

## Sažetak

*U ovom radu govori se o tenzidima, tvarima koje smanjuju površinsku napetost tekućine. Tenzidi su organske tvari, čije se molekule sastoje od hidrofilnog i hidrofobnog dijela. Hidrofilni dio molekule se orijentira prema vodenoj fazi, a hidrofobni „nevodenoj“, npr. prema masnoći, što smanjuje napetost površine. U tenzidu je važan odnos hidrofilnog i hidrofobnog dijela, zbog primjenskih svojstava tenzida u sredstvima za pranje i močenje u vodi. Molekulska struktura tenzida ukazuje na njihove neuobičajene osobine koje imaju najrazličitije primjene. Te osobine dijele se u dvije široke kategorije: adsorpciju (adsorption) i molekulsko samoudruživanje (self-assembly). Nalaze se u brojnim sredstvima za čišćenje, sapunima, sredstvima za osobnu higijenu i sl. Postoje četiri vrste površinski aktivnih tvari: kationske, anionske, neionske i amfolitske. Zbog sve veće primjene tenzida u ljudskim djelatnostima, najviše anionskih, raste i potreba za njihovom proizvodnjom. Djeluju kao močila i emulgatori. Vrlo ih je važno kvantificirati, jer svojim svojstvima lakoćom dopijevaju u okoliš. Njihova razgradnja u prirodnim vodama u ekstremnim slučajevima može dovesti do uništavanja flore i faune, tenzidi se akumuliraju na biljkama, životinjama pa čak i bakterijama, te je zbog toga vrlo važno njihovo praćenje i kontrola u okolišu. Stvarajući pjenušave nakupine, mogu izazvati velike probleme u vodama. Zbog toga deterdženti moraju sadržavati sredstva koja smanjuju tvrdoću vode, jer se Ca i Mg soli površinski aktivnih tvari teško rastvaraju u vodi. Metode određivanja tenzida su vrlo jednostavne metode pomoću kojih možemo odrediti kationske, anionske, neionske i amfolitske tenzide. Danas se u svijetu proizvede desetak milijuna tona tenzida godišnje. Otpadne vode također sadrže veliku količinu tenzida, najvećim dijelom su to anionski koji su i najzastupljeniji u proizvodnji deterdženata. Zbog sve većeg ispusta deterdženata u kanalizaciju, njihovu se djelovanju danas poklanja velika pozornost, stoga ne čudi da je u mnogim zemljama dopuštena proizvodnja samo onih deterdženata koji sadrže biorazgradive tenzide.*

**Ključne riječi:** adsorpcija, aktivne tvari, deterdžent, hidrofilni dio, hidrofobni dio, molekulsko samoudruživanje, tenzidi

## Summary

*This paper deals with the surfactants, as substances that reduce the surface tension of the liquid. Surfactants are organic substances, whose molecules consist of a hydrophilic and hydrophobic part. The hydrophilic part of the molecule is oriented toward the aqueous phase, and hydrophobic "non-aqueous", for example, to fat, which reduces the surface tension. The surfactant is an important ratio of the hydrophilic and hydrophobic part, because of the application properties of surfactants in detergents and soaking in water. The molecular structure of the surfactant indicates their unusual properties which have the most diverse applications. These properties are divided into two broad categories: adsorption (adsorption) and self-assembly (self-assembly). They are found in many cleaning products, soaps, personal hygiene, etc. There are four types of surfactants: cationic, anionic, non-ionic and ampholytic. Due to the increasing application of surfactants in human activities, most anionic, grows the need for their production. Act as wetting agents and emulsifiers. They are very important to quantify, because their properties can easily reach the environment. Their decomposition in natural waters in extreme cases can lead to the destruction of flora and fauna, surfactants accumulate on plants, animals and even bacteria, and therefore it is very important to monitor them and control the environment. Creating a bubble clusters, can cause big problems in the water. Therefore detergents must contain agents which reduce the water hardness as Ca and Mg salts of surfactants difficult to dissolve in water. Methods for determination of surfactants are very simple methods by which we can determine the cationic, anionic, nonionic and ampholytic surfactants. Today, the world produces about ten million tons per year of surfactants. Waste water also contain a large amount of surfactant, for the most part these are anionic, which are most common in the production of detergents. Due to the increasing discharge of detergents in sewage, their actions are now paid great attention, it is no wonder that in many countries, permitting the production of only those detergents that contain biodegradable surfactants.*

**Keywords:** *absorption, active substance, a detergent, a hydrophilic portion, the hydrophobic part, self-assembly, surfactants*

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	6
2. CILJ RADA.....	7
3. TENZIDI .....	8
4. KLASIFIKACIJA TENZIDA .....	12
4.1. Metode određivanja anionskih tenzida .....	14
4.1.1. Titracijske metode .....	16
4.1.2. Spektrofotometrijske metode .....	19
4.2. Kationski i amfolitski tenzidi.....	20
4.3. Neionski tenzidi .....	21
5. DIREKTNNA POTENCIOMETRIJA.....	22
6. TENZIDI U OKOLIŠU .....	23
7. DETERDŽENTI I NJIHOV UTJECAJ NA OKOLIŠ.....	25
8. PRIMJENA TENZIDA .....	28
9. ANALITIČKE METODE ODREĐIVANJA SMJESE KATIONSКИH I NEIONSКИH TENZIDA.....	30
9.1. Kromatografske metode.....	30
9.2. HPLC (Tekućinska kromatografija visoke djelotvornosti).....	30
9.3. Tankoslojna kromatografija .....	31
9.4. Plinska kromatografija.....	31
10. ISTRAŽIVANJE .....	32
10.1. Površinska napetost vode .....	32
11. REZULTAT I RASPRAVA.....	36
12. ZAKLJUČAK.....	37
13. POPIS LITERATURE.....	38

## 1. UVOD

Danas je poznato više tisuća onečišćujućih tvari u otpadnim vodama, među kojima se najčešće kriju deterdženti, cijanidi, teški metali, organske i anorganske kiseline, spojevi dušika, fosfora, masti soli, boje i dr, te su oni glavni uzrok uništavanja određene vrste živih bića. Deterdženti se sastoje od molekula s polarnim (hidrofilnim) „glavama“ i nepolarnim (hidrofobnim) „repovima“, što pri pranju pomaže u uklanjanju mrlja jer se hidrofobni dio molekula okreće masnim mrljama, a hidrofilni dio prema polarnoj vodi.

Površinski aktivne tvari, drugim nazivom tenzidi, su tvari koje smanjuju površinsku napetost tekućine, najčešće se nalaze u proizvodima za čišćenje jer razgrađuju nečistoću. Također nalaze se i u drugim proizvodima, primjerice sredstvima za osobnu higijenu, dezinfekciju, u pripravi sredstava za gašenje požara, u sredstvima za zaštitu od korozije i dr.

Tenzidi mogu stvoriti velike probleme u vodama stvarajući pjenušave nakupine. Deterdženti moraju sadržavati sredstva koja smanjuju tvrdoću vode, iz razloga jer se kalcijeve i magnezijeve soli površinski aktivnih tvari teže razgrađuju u vodi.[1] Zbog ispusta industrijskih otpadnih voda u prirodu, stvaraju se veliki problemi u okolišu jer su deterdženti i sami sastojci deterdženata toksični za vodni sustav, stoga je vrlo važna i kontrola vode.

Kvalificiramo ih kao anionske, kationske, neionske i amfolitske tenzide. Anionski tenzidi su povijesno najstariji i najčešći. Oni su zaslužni za pranje, kada govorimo o deterdžentima i sapunima. Kod kationskog tipa tenzida najčešći su kvaterni amonijeve spojevi. To su derivati amonijeve spojeva u kojima su sva četiri vodikova atoma vezana na dušik zamijenjena hidrokarbilnim skupinama. Tenzidi se međusobno razlikuju, odnosno svaki ima različita svojstva i grupe. Sustavi koji sadrže više od jedne vrste tenzida, kao npr. sustavi koji sadrže kationske i neionske tenzide, pokazuju bolja svojstva od sustava sa samo jednom vrstom tenzida.

## 2. CILJ RADA

Cilj rada je istražiti djelovanje površinski aktivnih tvari – tenzida i njihov utjecaj na okoliš. Zadnjih desetljeća proizvode se ogromne količine sredstava za pranje, odnosno deterdženata koji lako dospijevaju u okoliš putem industrijskih ili otpadnih voda. Bitno je smanjiti mogućnost nastanka mogućih šteta koje bi se dogodile ukoliko se ne bi voda pročišćavala na uređajima za pročišćavanje otpadnih voda i time dovela do onečišćenja cijelog ekosustava ili akumuliranja štetnih tvari u biljkama koje bi neposredno djelovale na zdravlje čovjeka.

Tenzidi se dijele prema upotrebi i prema ionskom naboju. Prema upotrebi se dijele na sredstva za pranje i čišćenje, sredstva za močenje, sredstva za emulgiranje, sredstva za dispergiranje i sredstva za pjenjenje. Prema ionskom naboju dijele se na anionske, kationske, neionske i amfolitske tenzide. Razlika među njima je u ionskom naboju ali i u primjeni. Anionski tenzidi se najčešće koriste za pranje, odnosno kod proizvodnje deterdženata, dok se kationski tenzidi koriste za dezinfekciju. Neionski tenzidi su sastavni dio različitih proizvoda za čišćenje, sapuna i tkanine, dok se amfolitski tenzidi najčešće koriste u kozmetičkoj industriji kao pojačivači pjene u šamponima ili antistatične tvari u regeneratorima za kosu.



**Slika 1.** Primjena tenzida u kozmetici

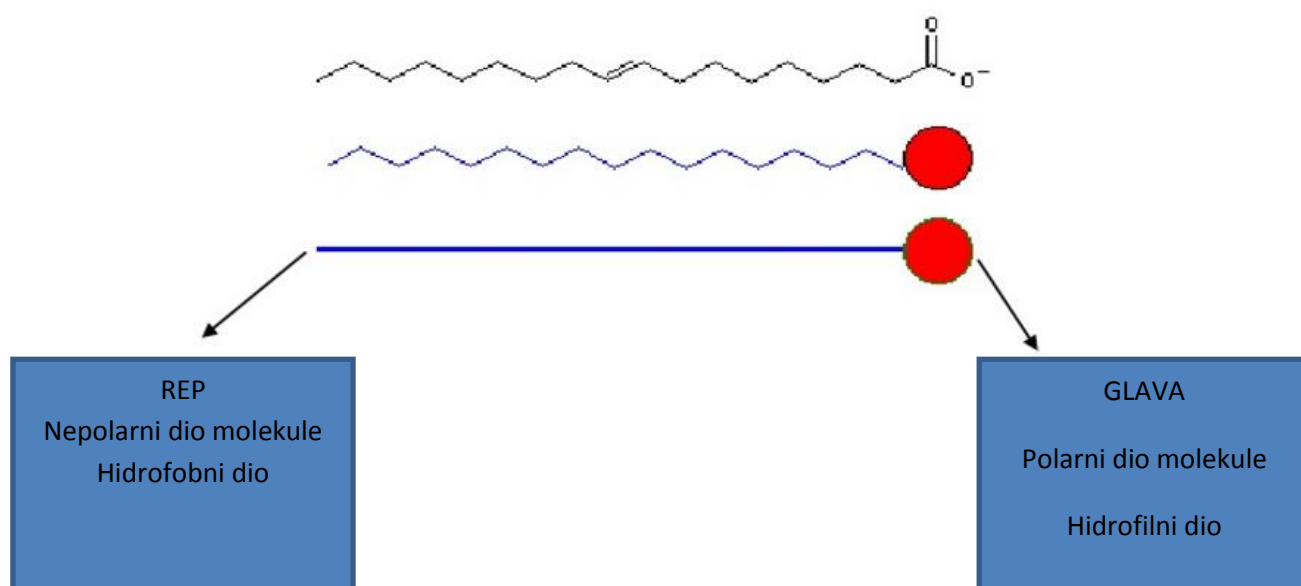
(Izvor: [http://4.bp.blogspot.com/-](http://4.bp.blogspot.com/-Wn2ZaFGps8M/VG_CD48djqI/AAAAAAAAANGk/Czz5QL9XtNQ/w1200-h630-p-nu/IMG_0797.JPG)

[Wn2ZaFGps8M/VG\\_CD48djqI/AAAAAAAAANGk/Czz5QL9XtNQ/w1200-h630-p-nu/IMG\\_0797.JPG](http://4.bp.blogspot.com/-Wn2ZaFGps8M/VG_CD48djqI/AAAAAAAAANGk/Czz5QL9XtNQ/w1200-h630-p-nu/IMG_0797.JPG))



### 3. TENZIDI

Tenzidi ili površinski aktivne tvari (*eng. surfactant*) su organske tvari specifičnih svojstava. Građeni su od kisika, ugljika, vodika, dušika i nekih drugih elemenata. Sastoje se od hidrofilnog i hidrofobnog dijela. Hidrofilni dio može biti pozitivno, negativno nabijen ili neutralan. Hidrofobni dio odbija vodu, te je otuda sklon ulju. Pojednostavljena struktura tenzida prikazuje se kao krug (glava) i ravna ili cik-cak linija (rep). Rep je u pravilu dugački ugljikovodični lanac i hidrofoban je. Ako prevladava hidrofobni dio, tenzid je slabo topiv u vodi, također je smanjena sposobnost močenja i pranja. Odnos hidrofilnog i hidrofobnog dijela u molekuli određuje njegovu topivost u vodi. Odnos mora funkcionirati tako da tenzid nije niti slabo, niti jako topiv u vodi. Tenzidi imaju polarni i nepolarni dio, suprotne sile unutar iste molekule uzrok su adsorpcije ili agregacije tenzida.[3] Stupanj razgranatosti i duljina lanca, te položaj polarne skupine parametri su koji određuju fizikalno kemijska svojstva tenzida.

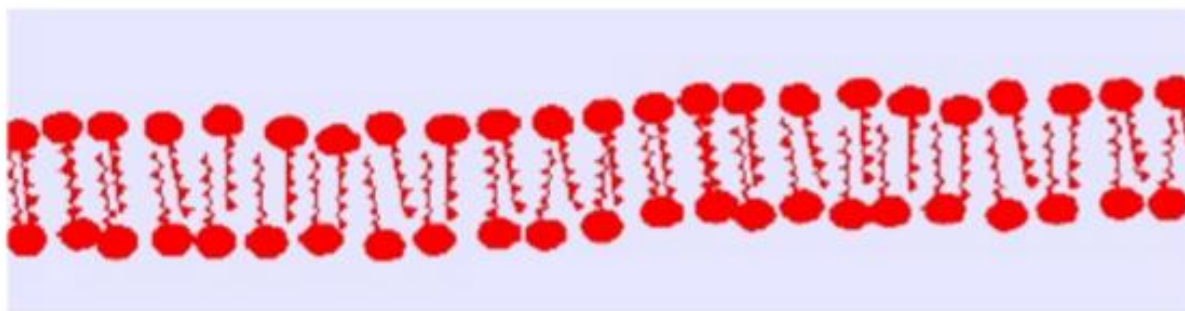


**Slika 2.** Shematski prikaz molekule tenzida

(Izvor: <https://www.scribd.com/doc/309807031/Površinski-aktivne-tvari-tenzidi-docx>)

Također, molekulska struktura tenzida ukazuje na njihove neuobičajene karakteristike, koje imaju najrazličitije primjene. Karakteristike se dijele u dvije kategorije: adsorpciju (*eng. adsorption*) i molekulsko samoudruživanje (*eng. self-assembly*). Adsorpcija je smjer molekula tenzida da se sakupljaju na granici dvaju faza. Ta molekulska osobina rezultira makroskopskim svojstvima kao što su kvašenje, pjenjenje, emulgiranje itd. Molekule tenzida adsorbiraju se na kapljici ulja.

S druge strane, molekulsko samoudruživanje je smjer molekula tenzida da se organiziraju u organizirane strukture. To uključuje formiranje micela, dvosloja i tekućih kristala. Zbog formacije micela, hidrofobni repovi se nalaze izvan vode, a hidrofilne glave u vodi. U jednoj miceli obično se nalazi nekoliko desetina do nekoliko stotina molekula tenzida. Važno svojstvo tenzida koje određuje hoće li se tenzid u otopini pojaviti kao monomer ili u obliku micle je CMC, tj. Critical Micelle Concentration (kritična micelarna koncentracija). [4] Najvažnije svojstvo tenzida je da egzistiraju kao pojedinačne molekule do jedne granične koncentracije, kritične koncentracije za stvaranje micela. Tenzidi stvaraju koloidne otopine. U pogodnom otapalu spontano stvaraju koloidnu otopinu, a nastale koloidne čestice su agregati malih molekula specifične strukture.

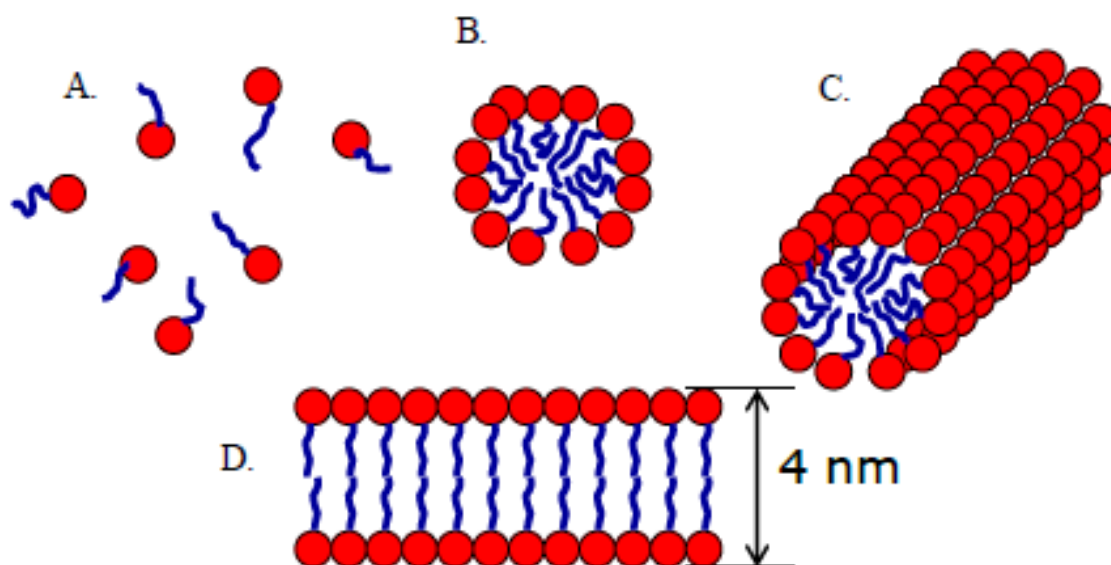


**Slika 3.** Prikaz koloidne čestice

(Izvor:

[http://www.kemija.unios.hr/old\\_web/nastava/nastavni\\_materijali/odabrana\\_poglavlja\\_analiticke%20kemije/ODABRANA\\_POGLAVLJA\\_ANALITICKE\\_KEMIJE.ppt](http://www.kemija.unios.hr/old_web/nastava/nastavni_materijali/odabrana_poglavlja_analiticke%20kemije/ODABRANA_POGLAVLJA_ANALITICKE_KEMIJE.ppt) )

Ako se u vodi u kojoj se nalazi par kapi ulja doda tenzid, molekule tenzida će se orijentirati tako da zarobe te kapi ulja u svoju hidrofobnu nišu prilikom stvaranja micela. Tenzidi se nalaze u mnogim proizvodima koje svakodnevno koristimo, za čišćenje u domaćinstvu, sredstvima za čišćenje u industriji, kozmetičkim i farmaceutskim proizvodima itd.



**Slika 4.** Agregati tenzida: A. Monomeri tenzida, B. Sferna micela, C. Cilindrična micela,  
D. Dvoslojna lamelarna micela

(Izvor:

[http://www.kemija.unios.hr/old\\_web/nastava/nastavni\\_materijali/odabrana\\_poglavlja\\_analiticke%20kemije/ODABRANA\\_POGLAVLJA\\_ANALITICKE\\_KEMIJE.ppt](http://www.kemija.unios.hr/old_web/nastava/nastavni_materijali/odabrana_poglavlja_analiticke%20kemije/ODABRANA_POGLAVLJA_ANALITICKE_KEMIJE.ppt) )

Prema karakteru hidrofilnih skupina molekula tenzida i njihovom elektrokemijskom ponašanju, tenzidi se svrstavaju u četiri glavne kategorije: anionske, kationske, neionske i amfolitske tenzide.

**1. Anionski tenzidi** su povijesno najstariji, te najčešći tip tenzida. Anionski tenzidi su zaslužni za pranje, kada pričamo o deterdžentima i sapunima.

**2. Kationski tenzidi** su kvarterni amonijevi spojevi. Ove molekule sadrže barem jedan hidrofbni ugljikovodični lanac vezan za pozitivno nabijen dušikov atom, druge alkalne skupine kao što su metilna i benzil skupina.

**3. Molekule neionskih tenzida** su u vodenj otolini nedisocirane, što znači da njihova topljivost proizlazi iz polarnosti skupina. Najrasprostranjeniji od svih komercijalnih neionskih tenzida su oni dobiveni od masnih alkohola i etilen oksida.

**4. Amfolitski tenzidi** koristi se u sapunima, kao pojačivač pjene u šamponima, u kozmetici kao emulgator, kao antistatična tvar u regeneratorima za kosu. Ima antiseptička svojstva pa se koristi i u higijenskim proizvodima kao što su i tekućine za ispiranje usta, paste za zube i dr.

#### **4. KLASIFIKACIJA TENZIDA**

Prema upotrebi tenzide, odnosno površinski aktivne tvari možemo podijeliti na: sredstva za pranje (deterdženti), sredstva za močenje, sredstva za emulgiranje, sredstva za dispergiranje, te sredstva za pjenjenje. No prema hidrofilnim skupinama u strukturi molekula i njihovom elektrokemijskom ponašanju tenzidi se svrstavaju u četiri glavne kategorije: anionski, kationski, neionski i amfolitski tenzidi. Anionski tenzidi su površinski aktivne tvari s jednom ili više funkcionalnih grupa, koje se u otopini nalaze u obliku negativno nabijenih organskih iona. Negativni naboj može potjecati od skupina kao što su: karboksilna, sulfatna ili fosfatna. Kationski tenzidi se koriste za dezinfekciju, u vodenim otopinama ioniziraju dajući pozitivno nabijene površinski aktivne organske ione. Neionski tenzidi ne disociraju u vodenoj otopini. Njihove funkcionalne skupine imaju jak afinitet prema vodi. Amfolitski tenzidi mogu biti u vodenoj otopini u obliku kationskih ili anionskih površinski aktivnih tvari.[5]

Najviše se koriste anionski tenzidi kao dodaci različitih proizvoda, a nakon njih neionski pa kationski. U svakodnevnom životu, tenzidi imaju veliku važnost i funkciju. Anionski i neionski tenzidi sastav su brojnih proizvoda za čišćenje posuđa, sapuna i tkanine. Anionski tenzidi su djelotvorniji ostalih vrsta tenzida, posebno za uklanjanje nečistoća s prirodnih tkanina. Površinski aktivne tvari se najviše koriste u kućanstvu, industriji te osobnoj njezi.

Zbog velike primjene tenzida u industriji i različitim proizvodima, otvorilo se pitanje, dali i u kojoj mjeri štete okolišu i ljudskom zdravlju. Iako je u današnje vrijeme u proizvodima većina površinski aktivnih tvari biorazgradiva, njihovo nakupljanje ili akumulacija produkata njihove razgradnje u prirodnim vodama u ekstremnim slučajevima može dovesti do uništavanja flore i faune.

Kategorija	Hidrofilna skupina	Primjer
<b>Anionski tenzid</b>	-COO <sup>-</sup> -SO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -OSO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Sapun Alkilbenzensulfonati, Alkansulfonati Alkilsulfati, alkiletersulfati
<b>Neionski tenzid</b>	-(CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> O) <sub>n</sub> <sup>-</sup> (n = 2-20)	Etoksilati masnih alkohola
<b>Kationski tenzid</b>	➤ N -> O 1 - N <sup>+</sup> - I	Amin N-oksidi Kvarterni amonijevi spojevi a jednom ili dvije hidrofobne skupine Soli dugolančanih primarnih amina
<b>Betaini</b>	1 - N <sup>+</sup> - (CH <sub>2</sub> ) <sub>n</sub> -COO <sup>-</sup> 1 (n = 2 ili 3)	Acilamidoalkil betaini

**Tablica 1.** Kategorizacija tenzida

(Izvor: D. Madunić-Čačić, *Razvoj i konstrukcija novih potenciometrijskih senzora za anionske i neionske tenzide*, Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb, 2008. )

Velika količina tenzida završi u tlu i kanalizaciji, te je poznato da mnogi uobičajeni tenzidi imaju toksično i štetno djelovanje na okoliš i čovjeka. Zbog toga se u mnogim zemljama dopušta samo proizvodnja biorazgradivih tenzida, koji se ne zadržavaju dugo u okolišu.

#### **4.1. Metode određivanja anionskih tenzida**

Anionski tenzidi mogu biti vezani za bioaktivne makromolekule kao što su peptidi, enzimi i DNA. Zbog toga što se vežu za proteine i peptide, mijenjaju savijanje polipeptidnog lanca i površinski naboj molekule, zbog čega može doći do promjene biološke funkcije. Anionski tenzidi su visoko-pjeneće površinski aktivne tvari.[7] Djelotvorniji su od ostalih vrsta tenzida, posebno za uklanjanje prljavštine s prirodnih tkanina. Nalaze se u praškastim deterdžentima jer se vrlo laku raspršuju. Osjetljivi su na tvrdoću vode, te je zbog toga tvrdoj vodi potrebno dodavanje tvari koje kompleksiraju kalcij i magnezij. Alkilbenzensulfonati (ABS) je uobičajeni izraz za anionske tenzide s razgranatim alkalnim lancem. Teško se razgrađuju. Njihova upotreba u razvijenim zemljama je ograničena samo na slučajeve kada njihova primjena nije masovna i neće izazvati zagađenja prirodnih vodotokova (npr. kao emulgatori u poljoprivrednim proizvodima). Anionski tenzidi mogu se analizirati titracijskim metodama, spektrofotometrijskim metodama, kromatografskim metodama i analitikom s injektiranjem u protok. Titracijske se metode zasnivaju na stvaranju ionskih asocijata između anionskog tenzida i kationskog titranta. Titracija u dvije faze je referentna metoda za određivanje anionskih tenzida. Porastom proizvodnje i uporabe sredstava za čišćenje i pranje u domaćinstvu i industriji, raste i stupanj onečišćenja prirodnih i otpadnih voda anionskim tenzidima. Ministarstvo zdravlja u Pravilniku, Članak 64., glasi: „Anionski tenzidi za odražavanje čistoće moraju biti biorazgradivi najmanje 80%.“. No oni se nakupljaju u sve većem broju, pa ih je mikroorganizmima teško razgraditi. Podjela anionskih tenzida na temelju razlikovanja kemijske strukture lipofilnog dijela molekule tenzida prikazana je na Slika 4.

Kemijska struktura	Vrsta anionskih tenzida
$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_n - \text{COO}^- \text{Na}^+$ $n = 10 \text{ do } 20$	Sapuni
$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH} - \text{CH}_2)_n - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{SO}_3^- \text{Na}^+$ $\quad \quad \quad  $ $\quad \quad \quad \text{CH}_3$	Alkilbenzensulfonati (ABS)
$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_n - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{SO}_3^- \text{Na}^+$	Linearni alkilbenzensulfonati (LAS)
$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_n - \text{O} - \text{SO}_3^- \text{Na}^+$ $n = 11 \text{ do } 17$	Alkilsulfati masnih alkohola
$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_m - \text{O} - (\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n - \text{SO}_3^- \text{Na}^+$ $m = 11 \text{ do } 15 \quad \quad n = 2 \text{ do } 3$	Alkiletersulfati masnih alkohola
$\text{SO}_3^- \text{Na}^+$ $ $ $\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_m - \text{CH} - (\text{CH}_2)_n - \text{CH}_3$ $m + n = 9 \text{ do } 15$	Sekundarni alkansulfonati
$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_m - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_n - \text{SO}_3^- \text{Na}^+$ $m + n = 9 \text{ do } 15 \quad \quad n = 0, 1, 2, \dots$	Olefinsulfonati
$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_n - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SO}_3^- \text{Na}^+$ $\quad \quad \quad  $ $\quad \quad \quad \text{OH}$ $n = 8 \text{ do } 14$	(smjesa od 60 do 70% alkensulfonata, 30% 3- ili 4-hidroksisulfonata i do 10% disulfonata)
$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_n - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SO}_3^- \text{Na}^+$ $\quad \quad \quad  $ $\quad \quad \quad \text{OH}$ $n = 7 \text{ do } 13$	
$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_n - \text{CH} - \text{COOCH}_3$ $\quad \quad \quad  $ $\quad \quad \quad \text{SO}_3^- \text{Na}^+$ $n = 7 \text{ do } 13$	Metilestersulfonat

Slika 5. Kemijska struktura anionskih tenzida

(Izvor: D. Madunić-Čačić, Razvoj i konstrukcija novih potenciometrijskih senzora za anionske i neionske tenzide, Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb, 2008.

)



#### 4.1.1. Titracijske metode

Primjenu u kvantitativnoj analizi ionskih tenzida među prvima našle su titracijske metode. Stvaraju ionski asocijat anionskih tenzida s kationskim titransima. Kod njih se određivanje završne točke može provesti vizualno ili instrumentalno. Kod vizualnog pristupa koristi se indikator, a kod instrumentalnog uz odgovarajući senzor bio on potenciometrijski, turbidimetrijski, tenzidimetrijski ili optički.[7]

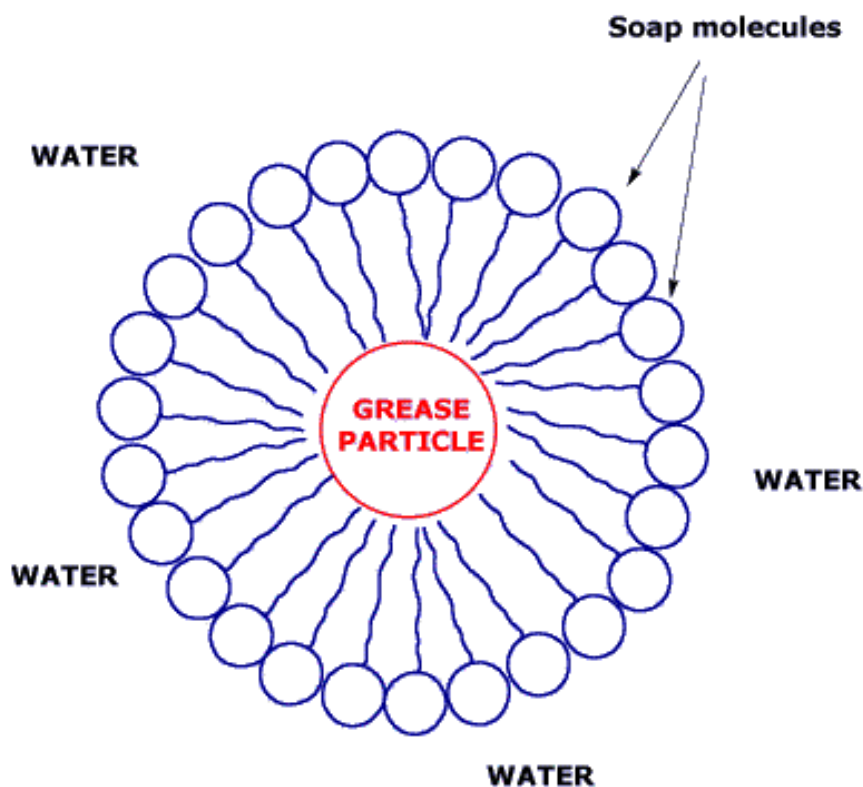
##### a) Vizualne titracije

Prvi put je vizualna titracija anionskog tenzida opisana 1938. godine, u titraciji alkansulfonata s cetilpiridinijevim kloridom uz bromfenol plavo kao indikator. Godine 1948. predstavljena je nova titridimetrijska metoda za brzo određivanje anionskog tenzida. [7] Metoda je radila tako da je Epton, koji je i predstavio novu titridimetrijsku metodu, iskoristio različitu topljivost anionskog tenzida i ionskog asocijata, anionskog tenzida i metilenskog plavila u vodi i organskom otapalu. Završna točka se prepoznaje po pojavi golublje-plave boje u kloroformnom sloju.

Benzetonijev klorid za određivanje anionskih tenzida, pokazao je niz prednosti u odnosu na ostale titrante. Komercijalno je dostupan u obliku čistog monohidrata, ima dobru topljivost u vodi te daje uočljiv prijelaz u završnoj točki u kombinaciji s miješanim indikatorom. Uveden je kao standardni titrant u titraciji s dvije faze za kvantitativno određivanje anionskih tenzida. Unatoč tome što sadrži prednosti ima i svojih nedostataka. Ova metoda se koristi još uvijek u mnogim laboratorijima. Zbog vizualnog određivanja završne točke titracije, točnost određivanja ovisi o iskustvu analitičara, te je ovu metodu teško automatizirati. U pogledu zaštite okoliša, metoda je nepogodna budući da se koristi kloroform, kancerogeno organoklorno otapalo, te su troškovi zbrinjavanja otpada veći.

**b) Sapuni**

Sapuni su soli viših masnih kiselina, koji se koriste za pranje i čišćenje. Sapun se sastoji od natrijevih ili kalijevih soli viših masnih kiselina.[8] Sapuni omogućavaju čišćenje zahvaljujući strukturi molekula. Molekula sapuna se sastoji od ugljikovodičnog lanca (rep), koji čini hidrofobni dio i karboksilne skupine (glavu) koja čini hidrofilni dio molekule. Prema kemijskom sastavu razlikujemo natrijev (tvrdi) sapun koji se sastoji od natrijeve soli masnih kiselina a dobiva se kuhanjem masti s natrijevom lužinom ili sodom. Koristi se za pranje u domaćinstvu. Kalijev (meki) sapun je kalijeva sol masnih kiselina, koristi se u tekstilnoj industriji za pranje vune, te olovni sapun koji se koristi u medicini, kao melem ili kao flaster.



**Slika 6.** Prikaz molekularne strukture sapuna

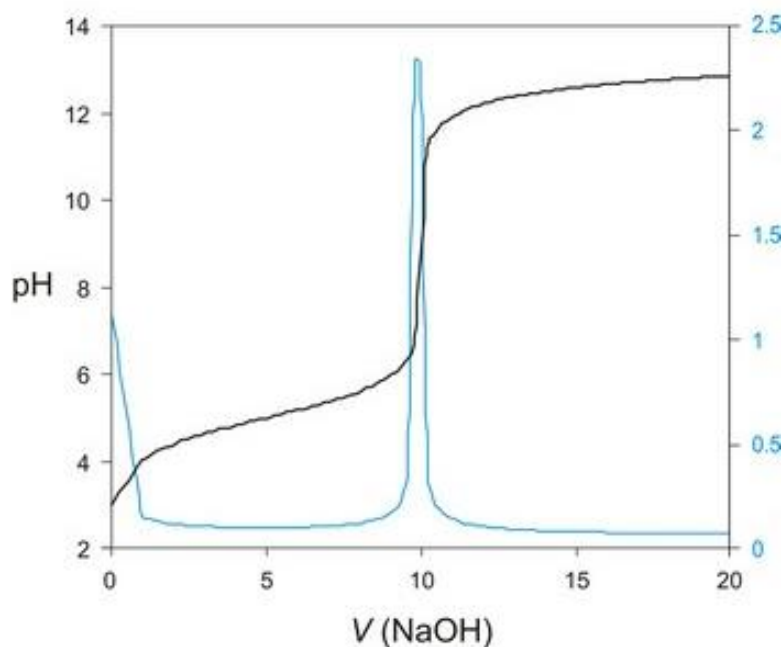
(Izvor: [http://1.bp.blogspot.com/-](http://1.bp.blogspot.com/-OsJ5FoJeHvE/TntXU48UTzI/AAAAAAAAAiDA/SD9q3jk4HZA/s400/soap_action_white.gif)

[OsJ5FoJeHvE/TntXU48UTzI/AAAAAAAAAiDA/SD9q3jk4HZA/s400/soap\\_action\\_white.gif](http://1.bp.blogspot.com/-OsJ5FoJeHvE/TntXU48UTzI/AAAAAAAAAiDA/SD9q3jk4HZA/s400/soap_action_white.gif))

Za identifikaciju tenzida koriste se razne identifikacijske tehnike kao što su kromatografske: tekućinska kromatografija visokog učinka, tekućinska kromatografija, plinska kromatografija, te vezani sustavi u kojima se kromatografske tehnike (tekućinska kromatografija visokog učinka, tekućinska kromatografija, plinska kromatografija) kombiniraju s masenom spektroskopijom.

### c) Potenciometrijske titracije

Kod potenciometrijskih titracija za određivanje završne točke koriste se potenciometrijski senzori. Princip rada je određivanje nepoznate koncentracije ispitivane otopine titracijom s nekom standardnom otopinom pri čemu nagla promjena potencijala indikatorske elektrode ukazuje i određuje završnu točku titracije. Najvažniji dio je membrana koja se najčešće sastoji od ionskog asocijata, takozvanih ionofora, te odgovarajućeg plastifikatora i PVC matrice. Za elektroaktivnost membrane odgovoran je ionofor. Da bi se mogla pratiti promjena potencijala u titracijskom sustavu potrebna je kemijska reakcija. Primjena potenciometrijskih senzora uvodi automatizaciju u određivanje završne točke u titracijama tenzida, čime se povećava brzina određivanja te se izbjegavaju pogreške analitičara.



**Slika 7.** Prikaz diferencijalne krivulje u obliku grč. slova sigma

(Izvor: <http://glossary.periodni.com/rjecnik.php?hr=sigma>)

Određivanje završne točke je instrumentalno, te ima više prednosti u odnosu na korištenje indikatora. Vizualno određivanje završne točke ne može se provesti u mutnim i obojenim otopinama.

Titracijska krivulja ( Slika 7.) ima sigmoidalni oblik (izgleda u obliku grč. slova sigma).

#### **d) Turbidimetrijske metode**

Turbidimetrija (*lat. turbidus*: nemiran, uzburkan + metrija) je optička analitička metoda za mjerenje mutnoće suspenzija. Zasniva se na elastičnom raspršavanju elektromagnetskog zračenja na suspendiranim česticama u otopini. Za turbidimetrijsko mjerenje potrebno je izraditi baždarnu krivulju jer intenzitet svjetlosti nije linearan. Najčešće je koristimo za testiranje kakvoće vode za piće, određivanje mutnoće otpadnih voda, za utvrđivanje pokretljivosti čestica itd.

#### **4.1.2. Spektrofotometrijske metode**

Ove metode su metode vrlo visoke osjetljivosti. Koriste se za kvantitativna određivanja anionskih tenzida u ultraljubičastom i vidljivom području. Prema područjima valnih duljina na kojima rade, instrumenti spektrofotometrije se razlikuju prema tehnikama koje se koriste za mjerenja, načinu kako nastaje spektar itd. Na temelju ionskog para između anionskog tenzida i kationske boje se metoda temelji, koji se potom ekstrahira organskim otapalom, dok sama boja u njemu nije topljiva.

## 4.2. Kationski i amfolitski tenzidi

Kationski tenzidi predstavljaju samo 5-6% ukupno proizvedenih tenzida.[7] Najčešće su to kvaterne amonijeve soli. Kationski tenzidi dobro podnose promjene pH. Polarnu “glavu“ čini pozitivno nabijen dušikov atom ili amidna skupina. Osim dušika mogući su fosfor i sumpor. Kationski tenzidi su uglavnom blago kiseli i nisu kompatibilni s lužnatim otopinama. Kompatibilni su s neionskim, ali ne i s anionskim tenzidima. Kationski se tenzidi nikada ne smiju upotrebljavati u smjesi s anionskim, jer su to ioni suprotnog naboja, pa čine netopljive soli koje nisu površinski aktivne tvari. U aerobnim uvjetima su biorazgradivi, ali i pri malim koncentracijama zadržavaju toksičnost. Njihova primjena je raznolika. Imaju antimikrobna, baktericidna, antikorozijska svojstva, te svojstva lakog stvaranja emulzija. Često se koriste u industrijskim, dezinfekcijskim, kozmetičkim i farmaceutskim proizvodima, algicidnim sredstvima, sredstvima za suzbijanje plijesni, te sredstvima za čišćenje. Najčešće se kombiniraju sa neionskim tenzidima. Vrlo je lako odrediti njihove točne koncentracije, zbog toga jer se velike količine svakodnevno proizvode i koriste, te zbog činjenice da su zagađivači okoliša.

Amfolitske površinski aktivne tvari ioniziraju u vodenoj otopini. Ukoliko se nalaze u kiseloj sredini, ponašat će se kao kationske površinski aktivne tvari, a ako se nalaze u lužnatoj sredini, ponašat će se kao anionske površinski aktivne tvari. Njihovo djelovanje ovisi o pH otopine. Također sadrže hidrofobni i hidrofilni dio molekule. Njihov kationski dio se često sastoji od kvaterne amonijeve soli, a anionski dio čine karboksilne sulfatne ili sulfonske skupine.

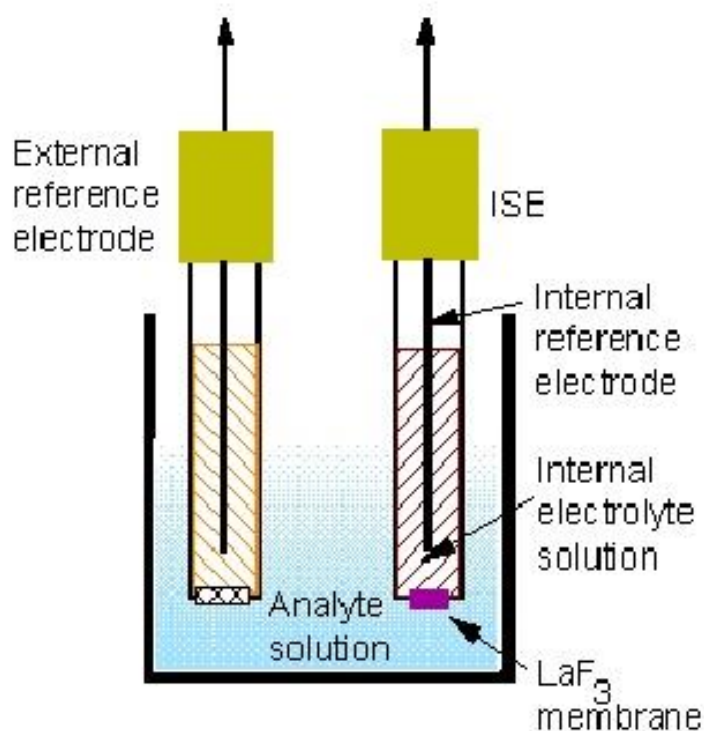
Primjena amfolitskih tenzida ovisi o njihovoj strukturi. Koriste se u kućanstvu, u obliku sredstva za čišćenje, sredstva za osobnu higijenu (šamponi, vodice za ispiranje usta) i drugo.

### 4.3. Neionski tenzidi

Neionski tenzidi su površinski aktivne tvari koje ne disociraju u vodenoj otopini. Neionski tenzidi se razlikuju od ionskih po tome što su njihove molekule u vodenoj otopini nedisocirane.[7] Najveći broj neionskih tenzida u svojoj strukturi imaju hidrofobnu skupinu. Najrasprostranjeniji od svih komercijalnih neionskih tenzida su oni dobiveni od masnih alkohola i etilen oksida. Masni alkoholi mogu biti: prirodni i sintetički. Prirodni se dobivaju od biljnih ulja i masti. Iako postoje brojne metode za dobivanje prirodnih masnih alkohola, najčešće se dobivaju redukcijom masnih kiselina ili estera masnih kiselina. Sintetički masni alkoholi imaju alkilni lanac s parnim brojem ugljikovih atoma. Drugu skupinu neionskih tenzida čine tenzidi koji su po svojoj kemijskoj strukturi alkilpoliglukozidi. To su spojevi prozvani novom generacijom radikala koji su dobri za okoliš. U njihovim molekulama je hidrofilna skupina šećer, najčešće polisaharid, ali mogu biti i disaharidi, trisaharidi i ostali šećeri. Ovi tenzidi sastoje se od masnog alkohola kao hidrofobnog dijela i glukoze kao hidrofilnog dijela, pri čemu se hidrofilnost može varirati preko stupnja oligomerizacije. Posjeduju visoku moć pjenušanja, blago djeluju na kožu i lako su biorazgradivi. Neionski tenzidi su primijenjeni u emulgatorima, ovlaživačima i stabilizatorima. Koriste se još u biotehnološkim procesima i u olakšavanju topljivosti i povećanju stabilnosti lijekova prilikom prijevoza. Sastavni su dio formulacija mnogih pesticida, povećavaju njihovu djelotvornost.

## 5. DIREKTNNA POTENCIOMETRIJA

Direktna potenciometrija je metoda određivanja tenzida uz pomoć uređaja koji se sastoji od tenzidne selektivne elektrode. Tenzidne selektivne elektrode su senzori koji pretvaraju aktivitet iona u otopini u električni potencijal. Elektrokemijska mjerna ćelija sastoji se od dva polučlanka. Osjetilni dio izgrađen je od ion – specifične membrane. Ion je specifična membrana koja pokazuje odziv na neke određene ione koji se nalaze u otopini. Te elektrode mogu biti s ionsko-izmjenjivačkom membranom ili sa čvrstom membranom. Jedna tenzidna selektivna elektroda može dati odziv za nekoliko nepoželjnih iona jer membrana reagira na ione sličnih fizikalnih svojstava. To može stvarati problem prilikom analize nekog posebnog iona i na to treba obratiti pažnju.

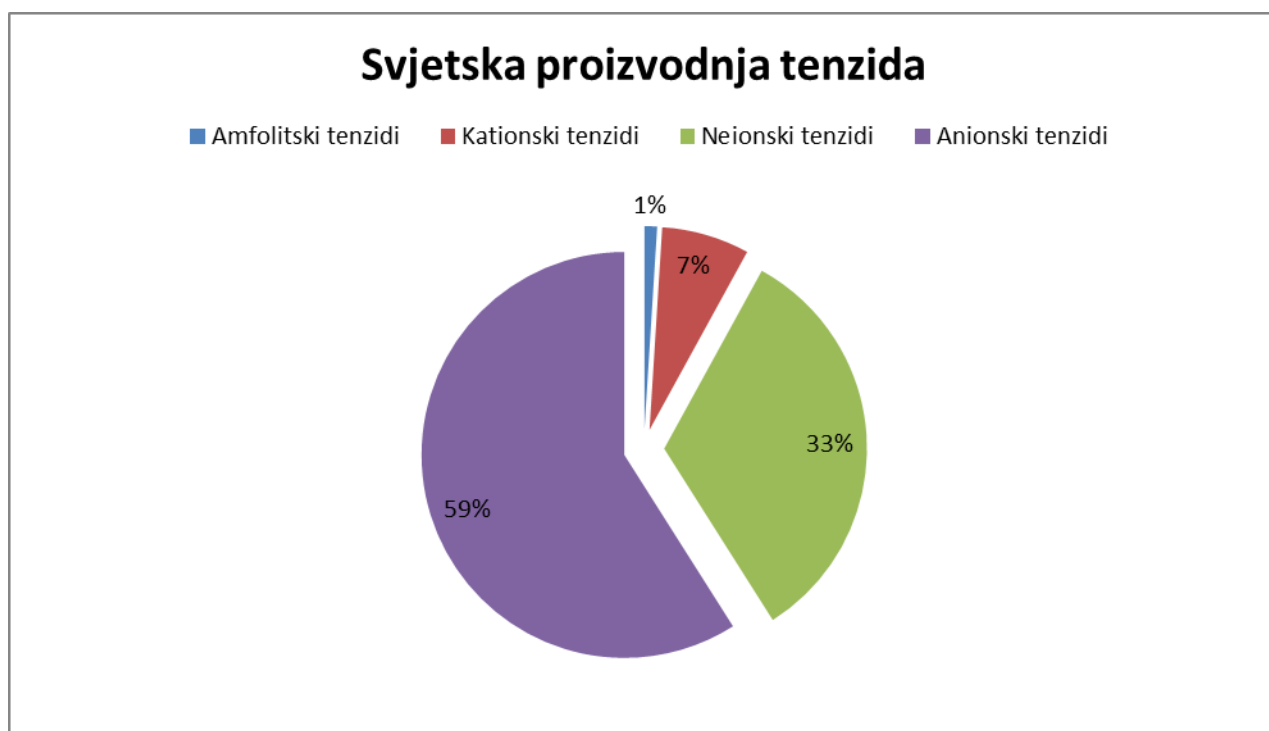


**Slika 8.** Selektivna membranska elektroda

(Izvor: <https://www.scribd.com/doc/188301787/Seminarski-Rad-Potenciometrija> )

## 6. TENZIDI U OKOLIŠU

Svakodnevno korištenje velikih količina tenzida u domaćinstvu i industriji završi u okolišu (tlu, vodi, sedimentu). Deterdženti, odnosno sredstva za pranje sadrže različite kemikalije, koje se upotrebljavaju u velikim količinama utječu na okoliš, te je vrlo važno nakon upotrebe njihovo provođenje u sustav za obradu otpadnih voda. Također se u velikim količinama skupljaju u biljkama koje su tretirane otpadnom vodom. Zbog njihove topljivosti u vodi, površinske aktivnosti, tenzidi spadaju u grupu zagađivala koji se moraju posebno promatrati. Mnoštvo tenzida ima velik utjecaj na ekosustav, npr. na ribe, organizme u rijekama i morima pa čak i na bakterije. U nekim slučajevima preveliko nakupljanje ili akumulacija tenzida i produkata može dovesti do uništavanja flore i faune. Analitika tenzida je veoma značajna, kako za razvoj novih tenzida i njihovu proizvodnju i primjenu u praksi, tako i za njihovu kontrolu u okolišu.



**Grafikon 1.** Grafički prikaz svjetske proizvodnje tenzida

(Izvor: D. Myers: Surfaces, Interfaces and Colloids, Principles and Applications, 2nd Edition, Wiley-VCH, New York, 1999. )



Sa strane biološke aktivnosti, tenzidi pokazuju značajnu aktivnost. Anionski tenzidi zbog negativnog naboja koji se odbija od većine površine, koje također imaju slab negativan naboj, koriste se u različitim sredstvima za čišćenje. Mogu biti vezani za bioaktivne makromolekule kako što su peptidi, enzimi i DNA. Vezanjem za proteine i peptide mogu promijeniti savijanje polipeptidnog lanca i površinski naboj molekule što može promijeniti biološku funkciju. Primarna meta kationskih tenzida je citoplazmatska membrana bakterija. Amonijevi spojevi vežu se za unutrašnjost membrane i prave nered sa svojim dugim alkalnim lancima. Neionski tenzidi pokazuju antimikrobiološku aktivnost vezanjem na različite proteine i fosfolipidne membrane. Zabrinutost oko ekotoksičnosti tenzida dolazi iz njihovog velikog korištenja u svakodnevnom životu.[6] Najviše tenzida pronađeno je u biljkama koje su tretirane otpadnom vodom, ali i u tlu i sedimentu. Zabrinutost se javlja i kod kanalizacijskog mulja, jer nema određene lokacije gdje ga smijesiti, odnosno odložiti. Da se ne bi ozbiljno ugrozio ekosustav, količine anionskih, kationskih i neionskih tenzida ispuštenih u kanalizaciju i vodni prijemnik, praćene su i regulirane. Kationski tenzidi su najveća opasnost, jer su najtoksičniji ali i amfoterni tenzidi su također visoko toksični. Najviše tenzida uklonjeno je sekundarnim tretmanom pročišćavanja, primarni nije tako uspješan i ti tenzidi su identificirani kao toksini u primarnoj otpadnoj vodi. Organizmi koji se testiraju za toksičnost su najčešće vodene alge, ribe ili bakterije.[9]

## 7. DETERDŽENTI I NJIHOV UTJECAJ NA OKOLIŠ

Zbog sve više onečišćujućih tvari u otpadnim vodama, među kojima su najčešće deterdženti, cijanidi, teški metali, neorganske i organske kiseline, spojevi fosfora itd., teži je oporavak i pročišćavanje otpadnih voda.

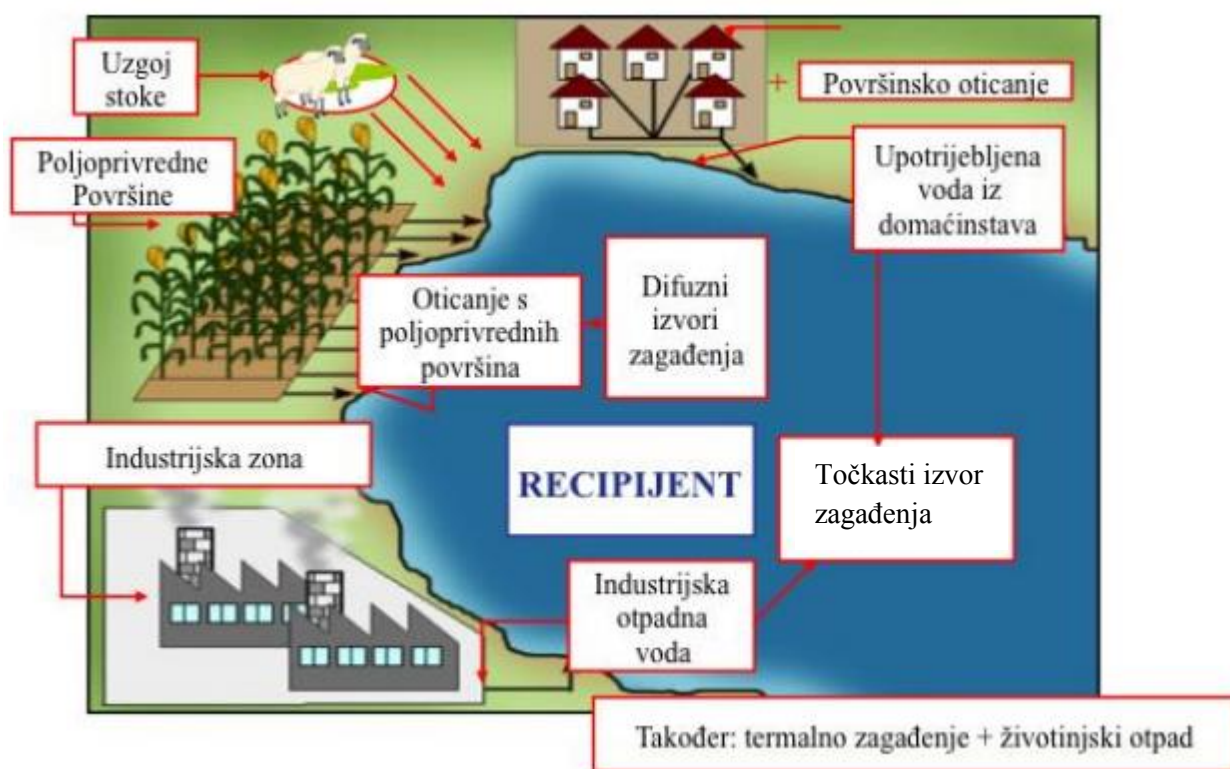
Deterdženti za kućanstvo sadrže oko 20% aktivnih tvari i do 80% dodataka. površinski aktivne tvari su osnovne za pranje, a dodaci poboljšavaju svojstva deterdženata. Po definiciji deterdžentom se smatra gotovo sve: od prašaka i tekućina za pranje rublja, preko omekšivača, do svih preparata za čišćenje u domaćinstvu, industriji, javnim objektima i slično.

Deterdženti za pranje rublja mogu sadržavati i do 15 različitih kemikalija. Neke su zadužene za otapanje nečistoće, druge za omekšavanje vode, treće služe za izbjeljivanje, četvrte da mirišu, pete služe da se zrnca deterdženta ne slijepe itd. [1] Sredstva za pranje posuđa sadrže nekoliko kemikalija, između ostalih i tenzide, stoga i sredstva za pranje posuđa moramo razumno trošiti. Strojno pranje posuđa u modernoj mašini za pranje posuđa može doprinijeti štednji vode i energije pod uvjetom da je uključimo kada je puna. Kod strojnog pranja najveći problem za okoliš predstavlja deterdžent. on između ostalog sadrži i velike količine fosfata, ponekad i klor. Sredstva za čišćenje WC-a spadaju u najagresivnije kemikalije u kućanstvu.

Sredstva za dezinfekciju koja obično sadrže klor sve se više reklamiraju. Reklame nas pokušavaju uvjeriti da je dezinfekcija WC-a, kupaonice, podova nužna. Međutim, liječnici se slažu u tome da je ona u domaćinstvima potpuno suvišna, osim u slučaju neke zarazne bolesti.

Najveću korist od sredstava za svakodnevnu dezinfekciju kupaonice, WC-a, kuhinje imaju proizvođači, najveću štetu - voda i okoliš. Mirisni kamen za WC školjku svojim jakim mirisom treba stvoriti dojam čistoće i higijene. Često sadrži paradihlorbenzol - kemikaliju iz obitelji kloriranih ugljikovodika koji onečišćuju okoliš i predstavljaju opasnost za zdravlje [9]. U prirodi se sporo razgrađuju pa se nakupljaju u biljkama i životinjama te hranidbenim lancem dospijevaju i u naše organizme. Omekšivači rublja osim boje i mirisa, sadrže i sredstva za konzerviranje. jedan od konzervansa i formaldehid koji izaziva alergije. Omekšivači predstavljaju opasnost za zdravlje i

sasvim nepotrebno i besmisleno ugrožavaju život u vodi. Sve nabrojane kemikalije s prljavom vodom dopijevaju u rijeke, jezera i more. Nažalost, proizvođači deterdženata na proizvodima najčešće ne navode o kojim je kemikalijama riječ ili ih navode na stranom jeziku i to jedva vidljivo. Pored toga strani proizvođači prodaju kod nas proizvode koje u svojim zemljama ne smiju prodavati. Na primjer, one koji sadrže fosfate. Fosfati iz deterdženata pospješuju rast i razmnožavanje algi na štetu drugih živih organizama u rijekama, jezerima i morima. Deterdženti opstaju u zemlji i vodama zato što ih bakterije ne razgrađuju. Osim toga, njih, baš kao ni pesticide, nije moguće potpuno ukloniti iz sirove vode uobičajenim pročišćavanjem i filtriranjem u tvornicama vode. Za sada znanost nema pouzdan odgovor da li se minimalne količine deterdženata koje se mogu naći u vodi za piće svakodnevnim konzumiranjem nagomilavaju u organizmu. Dok se to ne utvrdi, preventivna medicina se zalaže za predostrožnost.



**Slika 9.** Dospijeće tenzida u okoliš

(Izvor: <http://ekologija.ba/userfiles/file/Deterdzenti%20bez%20fosfata.pdf> )

U očuvanju količine i kvalitete naših voda može dodatno sudjelovati svaki pojedinac. Nije dovoljno samo smanjiti potrošnju vode, već je važno očuvati i kvalitetu. Ukoliko poštujemo jednostavne upute, očuvati ćemo našu vodu čistom. Na primjer - koristiti biorazgradive deterdžente i deterdžente bez fosfata, ne izlijevati kuhinjske masnoće i ulja u sudoper ili WC, ne ispuštati ostatke boja u kanalizaciju, ne koristiti WC školjku kao kantu za smeće, smanjiti upotrebu pesticida umjetnih gnojiva i zamijeniti ih kompostom.



**Slika 10.** Primjer razvrstavanja otpada

(Izvor: <http://www.razredna-nastava.net/dokumenti/jpgRazvrstavanjeOtpada2r.jpg>)

## 8. PRIMJENA TENZIDA

Tenzidi mogu biti prirodnog i sintetskog porijekla. U prirodne tenzide spadaju amfifilne molekule kao što su lipidi. Osim što su neophodni u industrijskim procesima, farmaceutskim proizvodima i medicini, sintetski tenzidi se nalaze u brojnim proizvodima kao što su sredstva za pranje i čišćenje, razni farmaceutski pripravci, kozmetički pripravci, boje, lakovi i premazi, bio-materijali. Tenzidi imaju vrlo široku primjenu u klasičnim i modernim tehnologijama.[2]



**Slika 11.** Tenzidi se koriste kod proizvodnje deterdženata

(Izvor: <http://www.zzjzpgz.hr/nzl/48/27.jpg>)

Anionski tenzidi se koriste kod proizvodnje deterdženata, također su uspješno korišteni u biotehnologiji i drugim industrijskim procesima uključujući i kozmetičku industriju.

Korišteni su i u farmaceutskim formulacijama kako bi povećali efikasnost aktivnog sastojka, direktnim vezanjem za lijek ili apsorpciju ili adsorpciju i diobu lijekova između hidrofilnog i hidrofobnog dijela organa ili organizma. Korisni su za uklanjanje petrokemijskih proizvoda iz tla.

Kationski tenzidi se također koriste u deterdžentima, u tvorničkim omekšivačima, u regeneritorima za kosu. Dugi lanac kvaternih amonijevih spojeva koriste se u sredstvima za dezinfekciju zahvaljujući njihovim antibakterijskim svojstvima. Kvaterni amonijevi spojevi su uglavnom toksični za stanice sisavaca i ne preporučuju se za sistematsku upotrebu, ali su prihvatljivi za aktualnu primjenu, produkti za pranje zubi, oralni antiseptici. Amfoterni tenzidi su prvo korišteni kao substituenti za tradicionalne masne alkanoamide, kao pojačivači pjene u sredstvima za pranje suda. Također se koriste u tekstualnoj industriji i industriji guma kao stabilizatori i katalizatori polimerizacije, u dezodoransima kao antibakterijski produkti. Olakšavaju topljivost i stabilnost lijekova prilikom prijevoza. Sastavni su dio formulacija raznih pesticida, povećavaju njihovu djelotvornost.

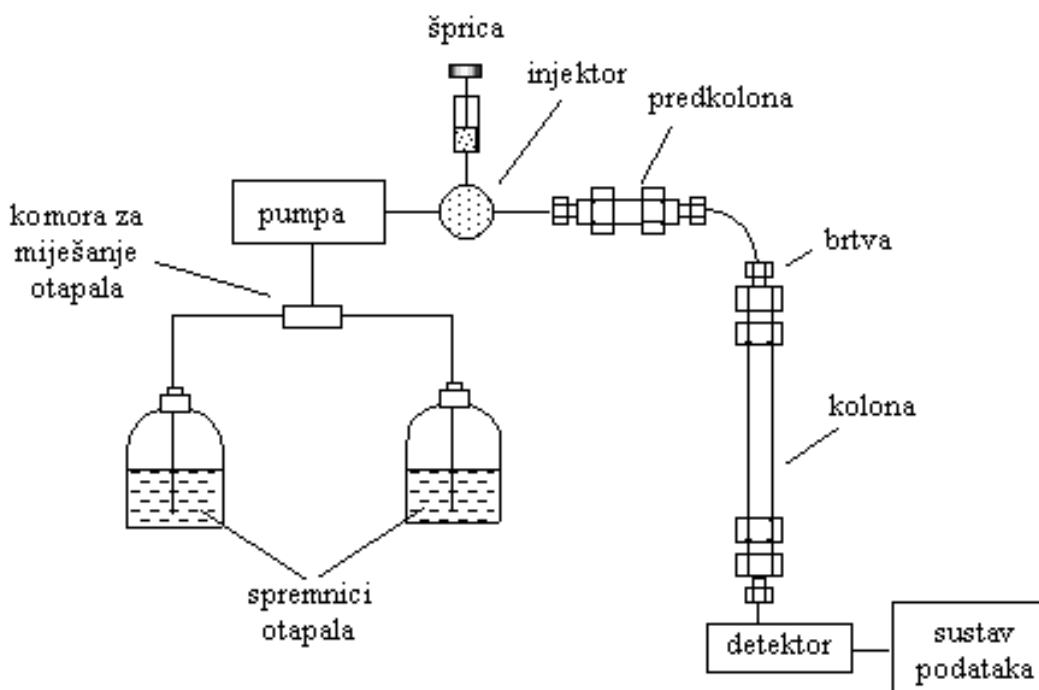
## 9. ANALITIČKE METODE ODREĐIVANJA SMJESE KATIONSkih I NEIONSkih TENZIDA

### 9.1. Kromatografske metode

Smjese kationskih i neionskih tenzida najčešće se određuju kromatografskim metodama, što je često vrlo komplicirano. Problem je u tome što je teško pronaći kromatografsku metodu učinkovitu za razdvajanje smjese različitih vrsta tenzida, te dovoljno osjetljivu metodu detekcije koja bi bila pogodna za njihovo određivanje.

### 9.2. HPLC (Tekućinska kromatografija visoke djelotvornosti)

Tekućinska kromatografija visoke djelotvornosti je oblik kromatografije koji se često koristi u analitičkoj kemiji. Princip rada je da analizirana tvar ili smjesa prolazi kroz stupac pumpanjem tekućine pod visokim tlakom kroz sam stupac. [7] Otapala koja se koriste moraju biti visoke čistoće i valja ih osloboditi otopljenih plinova ili suspendiranih čestica. Vrijeme zadržavanja ovisi o prirodi tvari koja se analizira, stacionarnoj tvari te sustavu mobilne faze.



**Slika 12.** Shematski prikaz HPLC kromatografa

(Izvor: [http://free-zg.t-com.hr/Svjetlana\\_Luterotti/09/091/09131.htm](http://free-zg.t-com.hr/Svjetlana_Luterotti/09/091/09131.htm))



### 9.3. Tankoslojna kromatografija

Pomoću tankoslojne kromatografije određuju se kationski i neionski tenzidi.[12] Stacionarna faza je silika gel, a mobilna faza trokomponentna i sastoji se od glutaminske kiseline, metanola i acetona. Sustav za detekciju je UV-Vis spektrofotometar. Metoda je uspješno primijenjena za određivanja u slanim i slatkim vodama, te otpadnim vodama kućanstava.

### 9.4. Plinska kromatografija

Plinska kromatografija je metoda za određivanje kationskih, neionskih i anionskih tenzida, dvodimenzionalnom plinskom kromatografijom uz *time-of-flight* maseni spektrometar. Tenzidi se određuju na način produkata njihova raspadanja nakon hidrolize i siliranja. Metoda se uspješno koristi za određivanje u industrijskim sredstvima za čišćenje.[13]



## 10. ISTRAŽIVANJE

### 10.1. Površinska napetost vode

Hipoteza ovog istraživanja i testiranja vodi se tezom da sapuni i deterdženti smanjuju površinsku napetost vode. Uzrok površinske napetosti vode leži u tome da je raspored između molekularnih sila asimetrični na granici faza, odnosno površinska napetost nastaje zbog čestica u unutrašnjosti i na površini tekućine.

#### Pribor:



Čaša



Voda



Otopina deterdženta

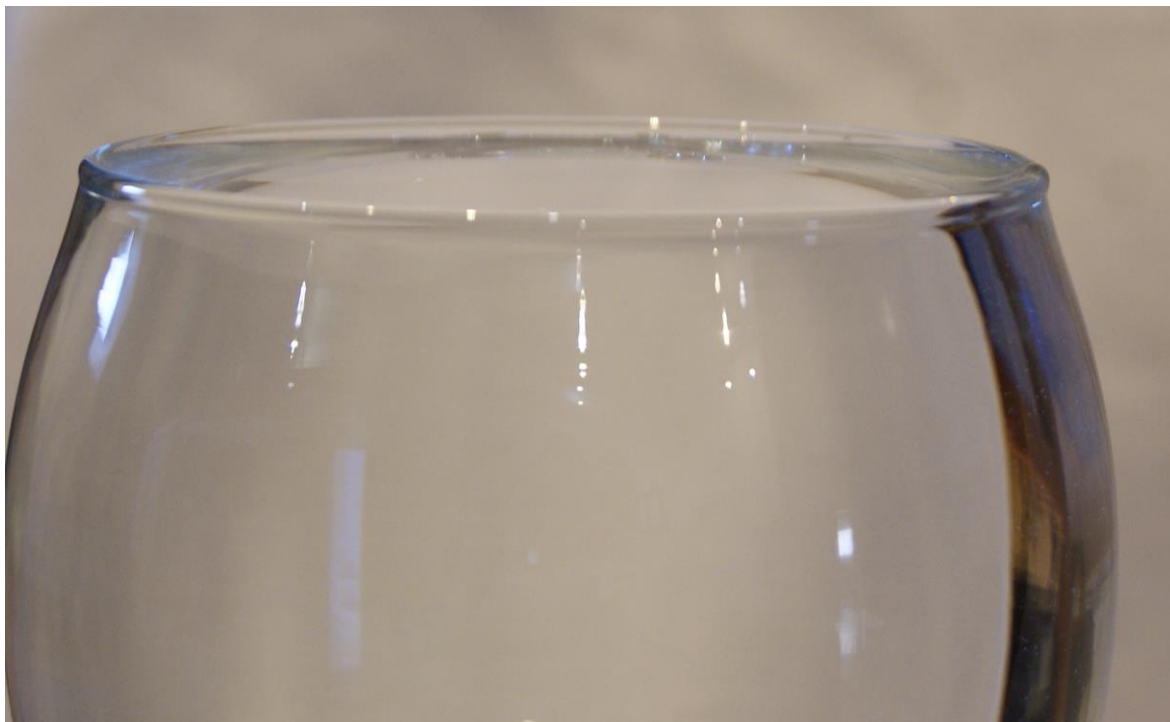


Novčići

**Tablica 2.** Pribor za ispitivanje

**Postupak:**

Čašu napuniti vodom do vrha da više ne stane ni kap. Promotrimo li rub čaše, opažamo „trbuščić“ vode iznad čaše.

**Prikaz:**

**Slika 13.** "Trbuščić" vode u čaši

Ponovimo postupak - puštamo novčiće u čašu i dodajemo nekoliko kapi otopine deterdženta. Promatrajte promijene.

**Prikaz:**



**Slika 14.** Postupak dodavanja deterdženta u čašu

**Opažanja:**

Dodatkom nekoliko kapi deterdženta u čašu s vodom, može se ubaciti više novčića u odnosu kad otopina deterdženta nije bila dodana čaši s vodom. Prilikom dodavanja otopine deterdženta u čašu vode na površini su se pojavili mjehurići zbog djelovanja deterdženta (Slika 15.).



**Slika 15.** Mjehurići nakon dodavanja deterdženta

**Zaključak:**

Površinski aktivne tvari (tenzidi) su organski spojevi koji otopljeni u vodi, prisutni već u malim količinama jako smanjuju silu napetosti površine što djeluje na graničnim površinama među fazama. Dodatkom otopine deterdženta, smanjila se površinska napetost vode i time pokazala da se može ubaciti više novčića u vodu, unatoč maloj količino dodane otopine deterdženta.

## 11. REZULTAT I RASPRAVA

Površinski aktivne tvari pokazuju značajnu biološku aktivnost. Anionski tenzidi mogu se vezati na biološki aktivne makromolekule, kao što su peptidi, enzimi te DNA. Vezanje na enzime i peptide može promijeniti polipeptidni lanac i naboj površinske molekule. To može izmijeniti biološku funkciju. Primarno mjesto kationskih površinski aktivnih tvari je membrana (unutarnje) citoplazme bakterije. Neionski tenzidi vrše antimikrobnu aktivnost vezanjem na različite proteine i fosfolipidne membrane. Takvo vezanje povećava permabilnost membrana i vezikula, uzrokujući istjecanje male količine molekularne mase. Rezultat je smrt stanica ili oštećenje kroz gubitak iona ili aminokiseline.

Zabrinutost ekotoksičnosti tenzida nastaje iz njihovog ogromnog iskorištavanja u svakodnevnom životu. Glavni dio tenzida degradira u postrojenjima za pročišćavanje otpadnih voda, neki dio završava u površinskim vodama, tlu ili sedimentu. Velika je zabrinutost zbog akumulacije površinski aktivnih tvari u kanalizacijskom mulju. Visoke koncentracije akumuliranih tenzida mogu inhibirati u kanalizacijski mulj i mikroorganizme, pa ih uređaji za pročišćavanje otpadnih voda moraju očistiti od onečišćivača.

## 12. ZAKLJUČAK

Površinski aktivne tvari ili drugim nazivom tenzidi su tvari koje smanjuju površinsku napetost vode, te su glavni sastojci deterdženata, no osim toga koriste se i kao emulgatori, omekšivači, u kozmetici, proizvodima za osobnu higijenu i dr. Kvalificiramo ih kao anionske, kationske, neionske i amfolitske. Njihov utjecaj na okoliš je zabrinjavajući upravo zbog toga što se nalaze u brojnim deterdžentima koji lako dospijevaju u okoliš (tlo i sediment ) bilo to sa strane industrijske ili kućanske upotrebe, te je potrebno pridodati pažnju na pročišćavanje otpadne vode da se ne bi taložili u biljkama ili organizmima u morima ili rijekama, jer su posljedice ozbiljne i to po pitanju cijelog ekosustava.

Na temelju pokusa koji je izveden dolazi se do zaključka da površinski aktivne tvari, odnosno tenzidi doista smanjuju površinsku napetost vode.

### 13. POPIS LITERATURE

- [1] Kovačević A., Kunto A., Agić Dž., Rizivić V. (2012.) „*Deterdženti bez fosfata – napredak za okoliš*“, Centar za ekologiju i energiju, Tuzla  
<http://ekologija.ba/userfiles/file/Deterdženti%20bez%20fosfata.pdf>  
(09.07.2016.)
- [2] Myers D. (1999.) „*Surfaces, Interfaces and Colloids, Principles and Applications*“, 2nd Edition, Wiley-VCH, New York
- [3] Papić S. „*Tenzidi*“, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu  
[http://slidegur.com/doc/1544750/tenzidi\\_1---fakultet-kemijskog-in%C5%BEenjerstva-i-tehnologije](http://slidegur.com/doc/1544750/tenzidi_1---fakultet-kemijskog-in%C5%BEenjerstva-i-tehnologije) (09.07.2016.)
- [4] Rezić I., Pušić T., Bokić Lj. (2007.) „*Kemija u industriji*“. Vol. 56 No. 11, Zagreb, str. 557.
- [5] Krišto L., Križić I. (2015.) „*Sinteza novih kinuklidinijevi spojeva kao mogućih površinski aktivnih tvari*“. Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb  
[http://www.unizg.hr/rektorova/upload\\_2015/RN\\_14\\_15\\_Krizic\\_Kristo.pdf](http://www.unizg.hr/rektorova/upload_2015/RN_14_15_Krizic_Kristo.pdf)  
(15.7.2016.)
- [6] Madunić-Čačić D. (2008.) „*Razvoj i konstrukcija novih potenciometrijskih senzora za anionske i neionske tenzide*“. Doktorska disertacija, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
- [7] Sak-Bosnar M. „*Odabrana poglavlja analitičke kemije*“. Odjel za kemiju, Sveučilište Josipa J. Strossmayera u Osijeku  
[http://www.kemija.unios.hr/old\\_web/nastava/nastavni\\_materijali/odabrana\\_poglavlja\\_analiticke%20kemije/ODABRANA\\_POGLAVLJA\\_ANALITICKE\\_KEMIJE.ppt](http://www.kemija.unios.hr/old_web/nastava/nastavni_materijali/odabrana_poglavlja_analiticke%20kemije/ODABRANA_POGLAVLJA_ANALITICKE_KEMIJE.ppt) (10.8.2016.)
- [8] „*Sapun*“ Wikipedia  
<https://hr.wikipedia.org/wiki/Sapun>, (09.8.2016. )
- [9] Ivanković T., Hrenović J.(2010.) „*Surfactants in the environment*“ Arh Hig Rada Toksikol. str. 95-110

[10] „Voda“, *Lerotic*

<http://www.lerotic.de/eko/voda.htm> (18.08.2016.)

[11] Šimunović D., Pavković T. (2014.) „*Površinski aktivne tvari – tenzidi*“. Seminarski rad, K: Zelena kemija, M: Ivanković A., Agronomski i prehrambeno-tehnološki fakultet, Sveučilište u Mostaru, Mostar

<https://www.scribd.com/doc/309807031/Površinski-aktivne-tvari-tenzidi-docx> (23.07.2016)

[12] Rouessac F., Rouessac A.(2007.) „*Tankoslojna kromatografija*“. Wikipedia, Chemical Analysis, John Wiley & sons, str. 123.

[https://hr.wikipedia.org/wiki/Tankoslojna\\_kromatografija](https://hr.wikipedia.org/wiki/Tankoslojna_kromatografija) (03.08.2016.)

[13] Rouessac F., Rouessac A.(2007.) „*Plinska kromatografija*“ Wikipedia Chemical Analysis, John Wiley & sons, str. 41.

[https://hr.wikipedia.org/wiki/Plinska\\_kromatografija](https://hr.wikipedia.org/wiki/Plinska_kromatografija) (03.08.2016.)



## Popis slika

<i>Slika 1. Primjena tenzida u kozmetici.....</i>	<i>7</i>
<i>Slika 2. Shematski prikaz molekule tenzida .....</i>	<i>8</i>
<i>Slika 3. Prikaz koloidne čestice .....</i>	<i>9</i>
<i>Slika 4. Agregati tenzida: A. Monomeri tenzida, B. Sferna micela, C. Cilindrična micela, D. Dvoslojna lamelarna micela .....</i>	<i>10</i>
<i>Slika 5. Kemijska struktura anionskih tenzida .....</i>	<i>15</i>
<i>Slika 6. Prikaz molekularne strukture sapuna.....</i>	<i>17</i>
<i>Slika 7. Prikaz diferencijalne krivulje u obliku grč. slova sigma.....</i>	<i>18</i>
<i>Slika 8. Selektivna membranska elektroda .....</i>	<i>22</i>
<i>Slika 9. Dospijeće tenzida u okoliš .....</i>	<i>26</i>
<i>Slika 10. Primjer razvrstavanja otpada.....</i>	<i>27</i>
<i>Slika 11. Tenzidi se koriste kod proizvodnje deterdženata.....</i>	<i>28</i>
<i>Slika 12. Shematski prikaz HPLC kromatografa.....</i>	<i>30</i>
<i>Slika 13. "Trbuščić" vode u čaši.....</i>	<i>33</i>
<i>Slika 14. Postupak dodavanja deterdženta u čašu .....</i>	<i>34</i>
<i>Slika 15. Mjehurići nakon dodavanja deterdženta .....</i>	<i>35</i>

## Popis grafova

<i>Grafikon 1. Grafički prikaz svjetske proizvodnje tenzida.....</i>	<i>23</i>
--	-----------

## Popis tablica

<i>Tablica 1. Kategorizacija tenzida.....</i>	<i>13</i>
<i>Tablica 2. Pribor za ispitivanje .....</i>	<i>32</i>